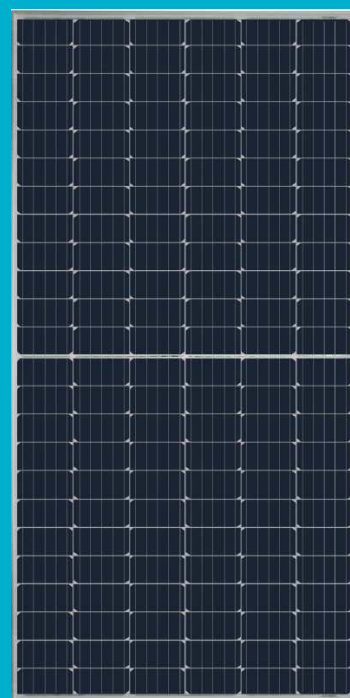
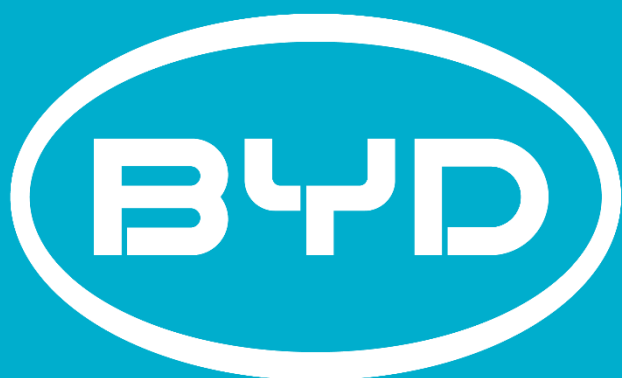


MANUAL DE INSTALAÇÃO

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HALF CELL



Obrigado por escolher os módulos fotovoltaicos da BYD Energy do Brasil.

Você acaba de adquirir um produto fabricado por uma das empresas líderes mundiais na geração e venda de sonhos verdes, que coloca toda sua tecnologia a serviço do meio-ambiente e do bem-estar da sociedade. A BYD é uma empresa especializada em energia limpa, sendo a maior fabricante mundial em baterias recarregáveis e sistemas estacionários, além de ser a maior fabricante mundial de veículos elétricos (incluindo híbridos plug-in).

O Módulo Fotovoltaico Convencional que você acaba de adquirir, possui uma tecnologia exclusiva da BYD e foram projetados para atender os mais rigorosos requisitos do mercado atual, oferecendo uma maior vida útil e menor degradação por temperatura ao longo dos anos. Este manual inclui os procedimentos de instalação, cuidados, armazenamento, manuseio e manutenção dos módulos.

Este documento está sujeito a alterações em intervalos irregulares e sem aviso prévio, visando sempre a melhoria contínua do produto e também dos procedimentos de instalação. Por favor, leia atentamente este manual e, em caso de dúvidas, entre em contato com a BYD Energy do Brasil através do número 0800 351 4255 (SAC), pelo e-mail sac.solar@byd.com, WhatsApp +55 11 94598-7111 ou plataforma de atendimento <https://byd.desk.ms/?LoginPortal>.

CONTEÚDO

Agradecimentos	2
1. Introdução	4
2. Escopo	4
3. Informações Gerais.....	4
3.1. Regras de Segurança	4
3.2. Utilização dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual)	5
3.3. Identificação do Produto	5
4. Dimensões do Produto	6
5. Logística do Produto.....	6
5.1. Embalagem do Produto	6
5.2. Transporte do Produto.....	8
5.3. Armazenamento do Produto	8
5.4. Manuseio dos Módulos.....	9
5.5. Inclinação do Módulo em Relação ao Sol.....	10
5.6. Sombreamento.....	10
5.7. Ventilação.....	11
6. Instalação.....	11
6.1. Requisitos de Instalação	11
6.2. Instalação mecânica	13
6.2.1. Fixação com Parafusos	14
6.2.2. Fixação com Grampos.....	16
6.2.3. Fixação em tracker.....	17
6.3. Instalação elétrica	19
6.3.1. Aterramento	19
6.4. Conexão e Cabeamento	20
6.4.1. Conectores dos Módulos	20
6.4.2. Cabos dos Conectores.....	20
6.4.3. Dimensionamento dos Condutores (Cabos)	21
6.4.4. Tipos de Instalação Elétrica	21
6.4.4.1. Instalação dos Módulos em Série	21
6.4.4.2. Instalação dos Módulos em Paralelo	22
6.4.4.3. Instalação dos Módulos em Leap Frog.....	23
6.5. Dimensionamento Elétrico	24
6.5.1. Cálculo de Sobretensão no Inversor.....	24
7. Manutenção e Cuidados.....	25
7.1. Limpeza dos Módulos	25
11. CONTROLE DE REVISÕES	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

Este manual descreve os procedimentos e cuidados no transporte, armazenamento, manuseio, instalação e manutenção dos módulos fotovoltaicos de Single Glass fabricados pela empresa BYD Energy do Brasil.

Este documento está sujeito a alterações em intervalos irregulares e sem aviso prévio, visando sempre a melhoria contínua do produto e também dos procedimentos de instalação. Por favor, leia atentamente este manual e, em caso de dúvidas, entre em contato com a BYD Energy do Brasil através do número 0800 351 4255 (SAC), ou pelo e-mail sac.solar@byd.com.

2. ESCOPO

Este documento contempla as informações referentes aos modelos que utilizam a tecnologia Single Glass de 144 meias células de silício Monocristalino e TopCon, tensão máxima do sistema Vcc de 1500 V, contemplando os modelos abaixo:

Modelo	Status	Faixa de Potências [W]
BYD MGK/MGTK Series	✓	450~455
BYD MLK/MLTK Series	✓	530~555
BYD Harpia SG/DG Series	✓	555~ 575
BYD MSK/MSTK Series	✗	660~665

Tabela 1 – Modelos atendidos por este manual.

3. INFORMAÇÕES GERAIS

Para realização do transporte, manuseio, armazenamento, instalação ou qualquer tipo manutenção nos módulos fabricados pela BYD, é necessário ler atentamente os procedimentos, orientações e alertas contidos neste manual, bem como seguir todas as suas orientações.

O profissional responsável pela instalação do produto, deve estar devidamente habilitado e certificado conforme as normas regulamentadoras vigentes no mercado, para orientar os respectivos clientes e consumidores finais, quanto a todos os procedimentos de segurança e correto uso do sistema, evitando assim, os riscos de danos à saúde ou a propriedade.

3.1. REGRAS DE SEGURANÇA

Os módulos BYD devem ser manuseados e instalados somente por profissionais certificados e que atendam TODAS as normas regulamentadoras do mercado, referentes a segurança em instalações e serviços elétricos. O atendimento a estas normas prevê a obrigatoriedade de treinamentos periódicos em órgãos reconhecido pelo MT (Ministério do Trabalho), específicos para trabalhadores autorizados a intervir em instalações elétricas, sob riscos decorrentes do emprego de energia elétrica e as principais medidas de

prevenção de acidentes, além de submeter os trabalhadores a treinamento teórico e prático, visando garantir a capacitação sobre os riscos, medidas de controle, de emergência e salvamento.

3.2. UTILIZAÇÃO DOS EPIS (EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL)

Para instalação e manutenção dos módulos fotovoltaicos, é mandatório o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) como roupas específicas, óculos de proteção, capacetes e luvas especiais.

Os riscos estão relacionados com choque elétrico, risco de queda quando instalados em telhados de edificações e cortes em função dos cantos pontiagudos das esquadrias.



ATENÇÃO: Antes de manusear ou instalar o painel solar, ler atentamente o manual. O módulo solar ao ser exposto a luz (do sol ou artificial), gera corrente elétrica contínua. O contato físico com qualquer parte eletricamente ativa do módulo, como os conectores, pode causar danos. Cubra o painel com um pano opaco ao desconectar os cabos.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

Todo módulo BYD, possui um código de barra, conforme a **Figura 1**, com objetivo de manter a rastreabilidade do produto durante toda sua vida útil.



BYD



BR220127S06H09YA0149

Figura 1 – Etiqueta de identificação do produto.

BR 220127 S 06 H 09 T A 0149, onde:

BR – Local de fabricação: Brasil;

220127 – Data (AAMMDD);

S – S: Single Glass / **D**: Double Glass / **T**: Bifacial com backsheet transparente;

06 – Tamanho de célula – 06: M6 / 10: M10 / 12: M12;

H – Tecnologia de célula – **H**: Half Cell MonoPERC / **T**: Half Cell TopCon;

09 – Quantidade de barramentos – 09 / 10 / 12;

Y – Quantidade de células – **W**: 60 (120) / **X**: 66 (132) / **Y**: 72 (144) / **Z**: 78 (156);

A – Algarismo para controle interno;

0149 – Número de série sequencial alfanumérico.

4. DIMENSÕES DO PRODUTO

O Módulo Fotovoltaico Convencional produzido pela empresa BYD contempla as dimensões conforme a **Figura 2**.

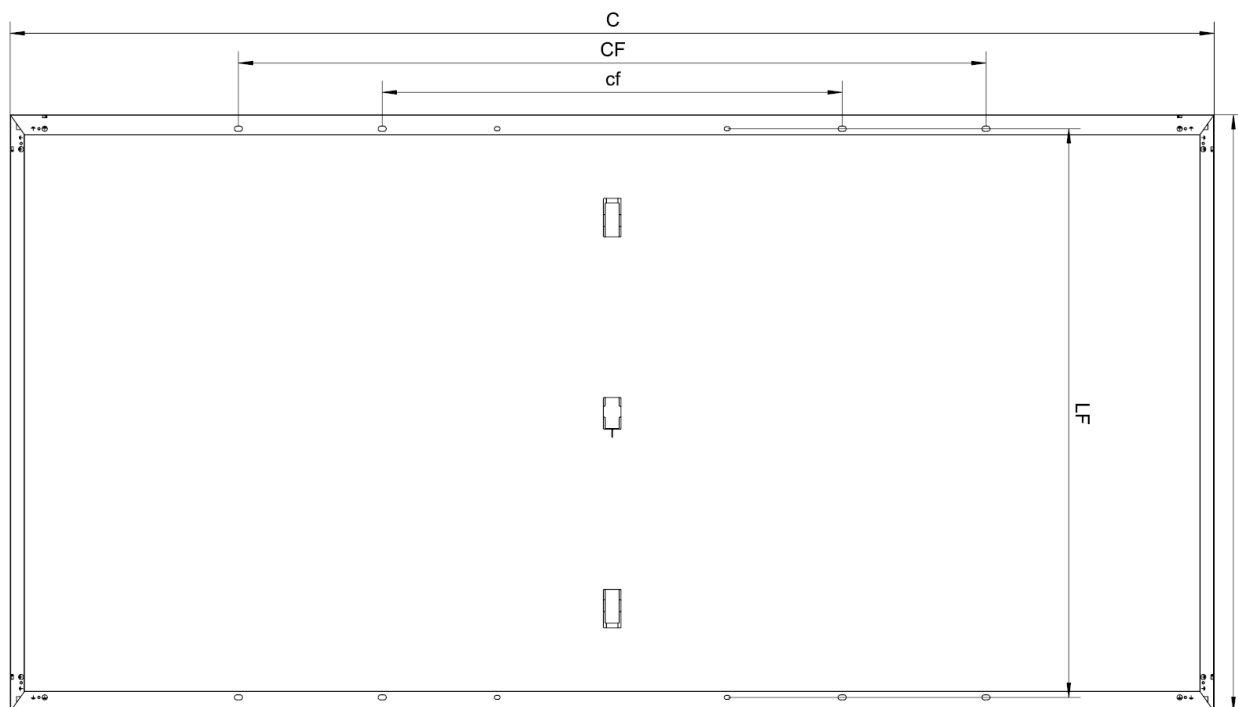


Figura 2 – Dimensões do módulo fotovoltaico.

Modelo	C [mm]	L [mm]	CF [mm]	cf [mm]	LF [mm]
BYD MGK	2094	1038	1300	800	989
BYD MGTK	2094	1038	1300	800	989
BYD MLK*	2256	1133	1400	990	1084
BYD MLK	2278	1134	1400	990	1084
BYD MLTK	2278	1134	1400	990	1084
BYD Harpia	2278	1134	1400	990	1084

Tabela 2 – Dimensões de acordo com o modelo.

**Tecnologia com microgap*

5. LOGÍSTICA DO PRODUTO

5.1. EMBALAGEM DO PRODUTO

A embalagem dos módulos BYD garantem a integridade dos produtos, desde o acondicionamento inicial dos módulos durante o processo de fabricação, até o seu correto armazenamento e transporte.

A embalagem contempla as dimensões e peso conforme **Tabela 3** e a **Figura 3** demonstra a vista da embalagem montada.

Modelo	MGK	MLK	HARPIA	Tolerância	Unidade
Dimensões (C x L x A)	2.145 x 1.140 x 1.200	2.307 x 1.140 x 1.295	2.307 x 1.140 x 1.295	± 5 x 5 x 10	[mm]
Peso módulo (1 unidade)	24,10	29,30	29,30	± 5%	[kg]
Peso embalagem	80,00	90,00	90,00	± 10%	[kg]
Peso líquido (30 unidades)	723,00	879,00	879,00	± 10%	[kg]
Peso bruto total	803,00	969,00	969,00	± 10%	[kg]
Empilhamento máximo	1	1	1	-	[unidade]

Tabela 3 – dimensões da embalagem.

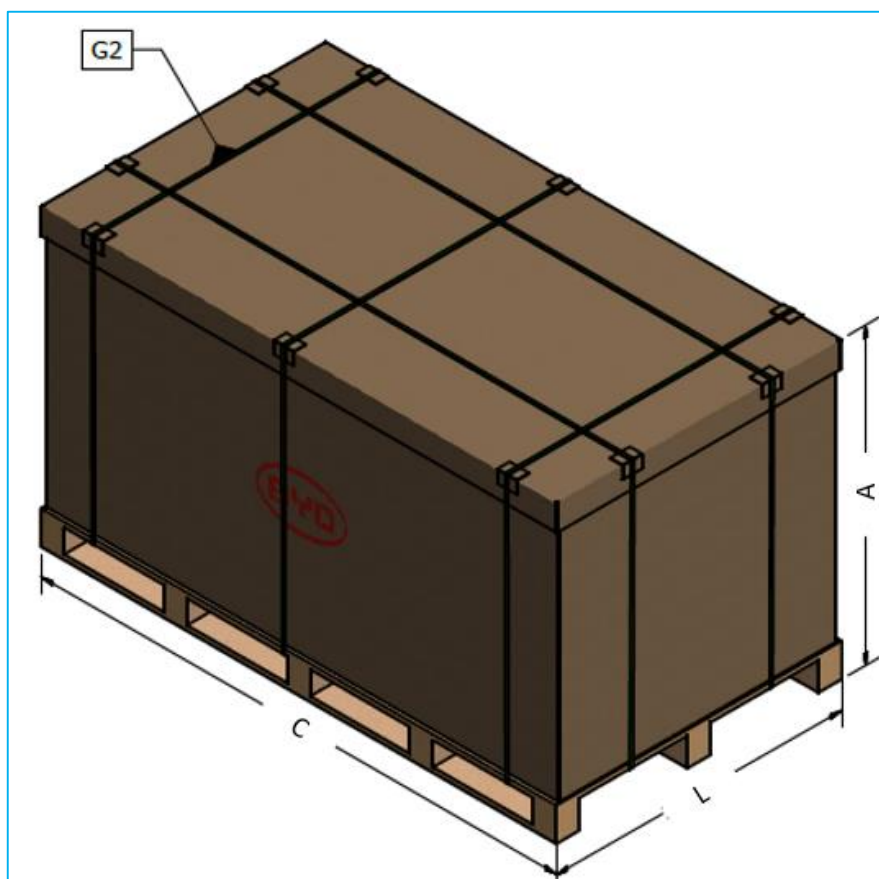


Figura 3 – Embalagem montada.

5.2. TRANSPORTE DO PRODUTO

Para o transporte da embalagem, favor observar os critérios abaixo:

- 5.2.1. Atentar para as informações logísticas inseridas na embalagem;
- 5.2.2. Não incline as caixas de embalagem em um ângulo superior a 15° durante o transporte;
- 5.2.3. Durante o processo de transporte, observar atentamente etiquetas de instrução “up” e “down” contidas nas caixas de embalagem, evitando assim, invertê-las durante o processo;
- 5.2.4. Os módulos devem ser transportados utilizando somente a embalagem original da BYD;
- 5.2.5. As embalagens deverão estar completamente fixas ao veículo que está realizando o transporte, de modo a evitar movimentação e possíveis impactos que danifiquem as embalagens e/ou módulos durante o transporte, perdendo assim a garantia fornecida pelo fabricante BYD;
- 5.2.6. Ao realizar o carregamento/descarregamento das embalagens, utilize o prolongador nos garfos da empilhadeira ou paleteira, posicionando-os do lado maior da embalagem, conforme **Figura 4 e 5**, evitando assim, danos a caixa e/ou dificuldades durante o transporte.

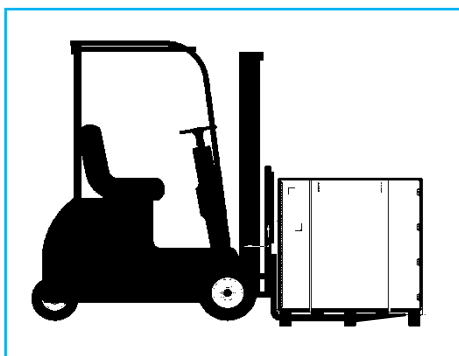


Figura 4 – Posicionamento da embalagem.

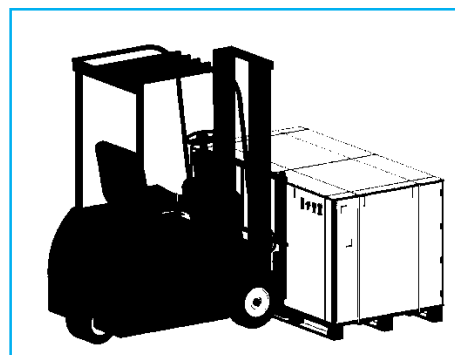


Figura 5 – Transporte da embalagem.

5.3. ARMAZENAMENTO DO PRODUTO

Para o armazenamento da embalagem, favor respeitar as observações a seguir:

- 5.3.1. Os módulos deverão ser armazenados na embalagem original BYD;
- 5.3.2. O empilhamento máximo permitido da embalagem **original BYD é de 01 unidade**;
- 5.3.3. As embalagens devem ser mantidas em locais planos e cobertos para proteção contra chuva e demais intempéries;
- 5.3.4. Quando retirados da embalagem, os módulos devem ser mantidos em local seguro, seco e ventilado, evitando impactos e incidência de raios solares ou luz artificial direta;
- 5.3.5. Após aberto e retirado da embalagem, garanta que o módulo seja mantido sempre com os conectores MC4 conectados (em curto-circuito).

5.4. MANUSEIO DOS MÓDULOS

Ao realizar o manuseio dos módulos BYD, sempre utilize os equipamentos de proteção individual (EPI) e siga os selos de observações para o correto manuseio dos produtos.

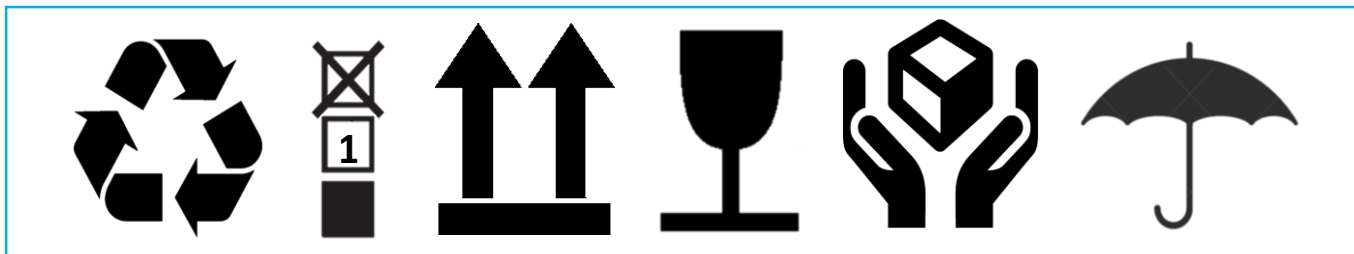


Figura 6 – Selos presentes na embalagem.

- Não utilizar os cabos, caixas de junção ou suportes para manuseio ou transporte dos módulos;
- Evitar impactos com superfícies ou outros materiais que possam causar riscos ou quebra do módulo;
- Não é permitido inserir cargas localizadas que causem pressão excessiva sobre a superfície do módulo, pois poderá causar micro trincas internas nas células fotovoltaicas, comprometendo assim o rendimento e durabilidade do produto;
- Não coloque os módulos em contato direto com o solo ou outra superfície rígida, sob risco de danificar o produto e comprometer seu correto funcionamento e durabilidade. Os produtos devem ser acomodados somente em superfícies contendo as devidas proteções (ex.: espuma ou papelão);
- Nunca conectar ou desconectar os módulos fotovoltaicos quando estes estiverem em processo de geração de energia;
- Não retire as tampas das caixas de junção e/ou viole as conexões internas dos diodos de “bypass”;
- O máximo empilhamento permitido estático para os módulos é de 28 unidades, desde de que seja realizado de forma segura e em um local plano, sendo necessário manter o correto alinhamento e utilizar espumas espaçadoras entre os módulos, evitando interferências que possam causar danos ao produto;
- Não é permitido pisar ou manter-se sentado ou em pé sobre a superfície dos módulos;
- Não realize a instalação de módulos danificados que ofereçam riscos de problemas funcionais, evitando assim choques elétricos causados pelas partes internas dos produtos;
- Não realize o reparo do módulo fotovoltaico. Caso haja algum problema funcional no produto, encaminhe-o à empresa responsável para devida manutenção.

5.5. INCLINAÇÃO DO MÓDULO EM RELAÇÃO AO SOL

Para que haja um melhor aproveitamento da absorção dos raios solares pelas células, é necessário encontrar a melhor orientação/inclinação para os módulos. Para obter um maior rendimento, os raios solares devem atingir o módulo de forma perpendicular, sendo que, para cada região existe uma inclinação adequada. O melhor desempenho do arranjo fotovoltaico normalmente é obtido orientando-se para o equador com uma inclinação próxima à latitude do local. A **Figura 7** demonstra as diferentes inclinações em relação ao sol. A **Figura 8** mostra o rendimento do módulo conforme a orientação do sol. Acesse o site <http://www.cresesb.cepel.br> para maiores informações.

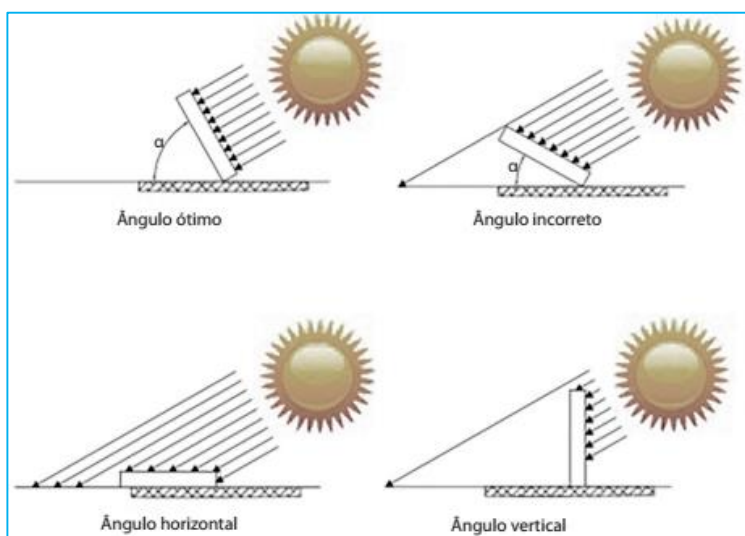


Figura 7 – Ângulos de inclinação do módulo.

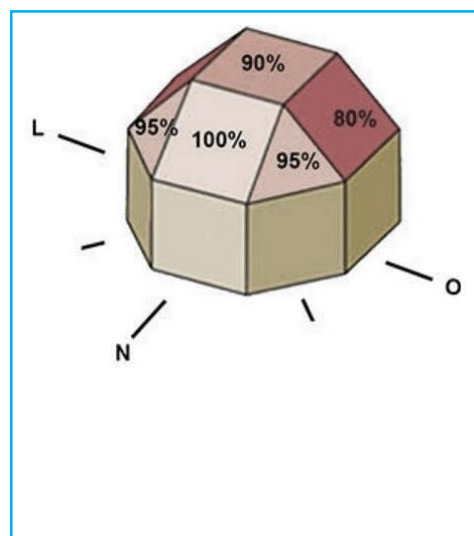


Figura 8 – Rendimento x Orientação.

5.6. SOMBREAMENTO

O sombreamento é um grande ofensor do módulo fotovoltaico, pois além de reduzir o rendimento do produto, pode reduzir a vida útil do mesmo se sujeito à condições extremas. Mesmo em tamanhos reduzidos, sombreamentos constantes causados por dejetos de pássaros, sujeidade ou objetos, causam o efeito de *hot spot* (ou ponto quente), ou seja, quando as células afetadas são forçadas a uma polarização inversa, dissipando energia que pode causar sobreaquecimento, danificando o seu encapsulamento e degradando o desempenho de todo o módulo. À esquerda da **Figura 9** mostra o comportamento correto do módulo e à direita é ilustrado algumas perdas causadas pelo sombreamento.

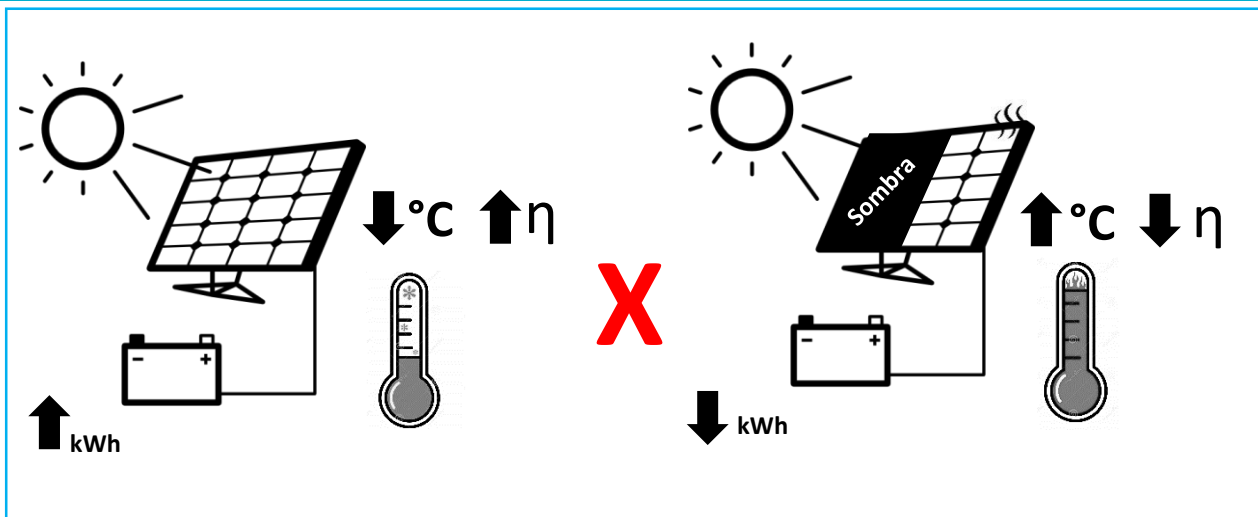


Figura 9 – Correto funcionamento do módulo VS perdas por sombreamento.



ATENÇÃO: Antes de projetar e instalar um sistema fotovoltaico, é necessário observar o grau de corrosão do ambiente conforme a norma ISO12944, garantindo assim, a aplicação dos materiais metálicos de forma correta e garantindo a vida útil do sistema.

Não são permitidas quaisquer alterações nos furos da moldura de fixação do módulo. As alterações nos diâmetros dos furos, ou a criação de novos furos nos perfis, ocasionam a quebra do módulo e alterações nas propriedades de fixação do produto.

5.7. VENTILAÇÃO

Independentemente do local de instalação ou tipo de telhado, o módulo deverá ser instalado a uma distância mínima de 100mm da superfície, conforme **Figura 10**. O objetivo é a circulação de ar e evitar altas temperaturas na região inferior do módulo.

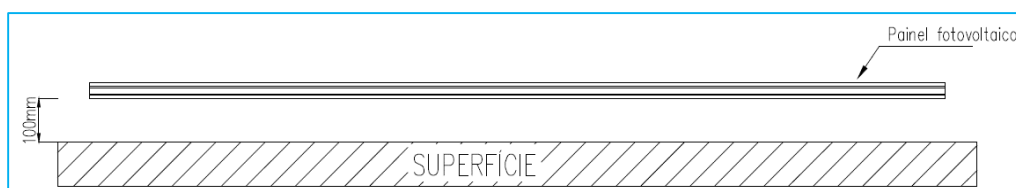


Figura 10 – Ambiente de instalação correto.

6. INSTALAÇÃO

6.1. REQUISITOS DE INSTALAÇÃO

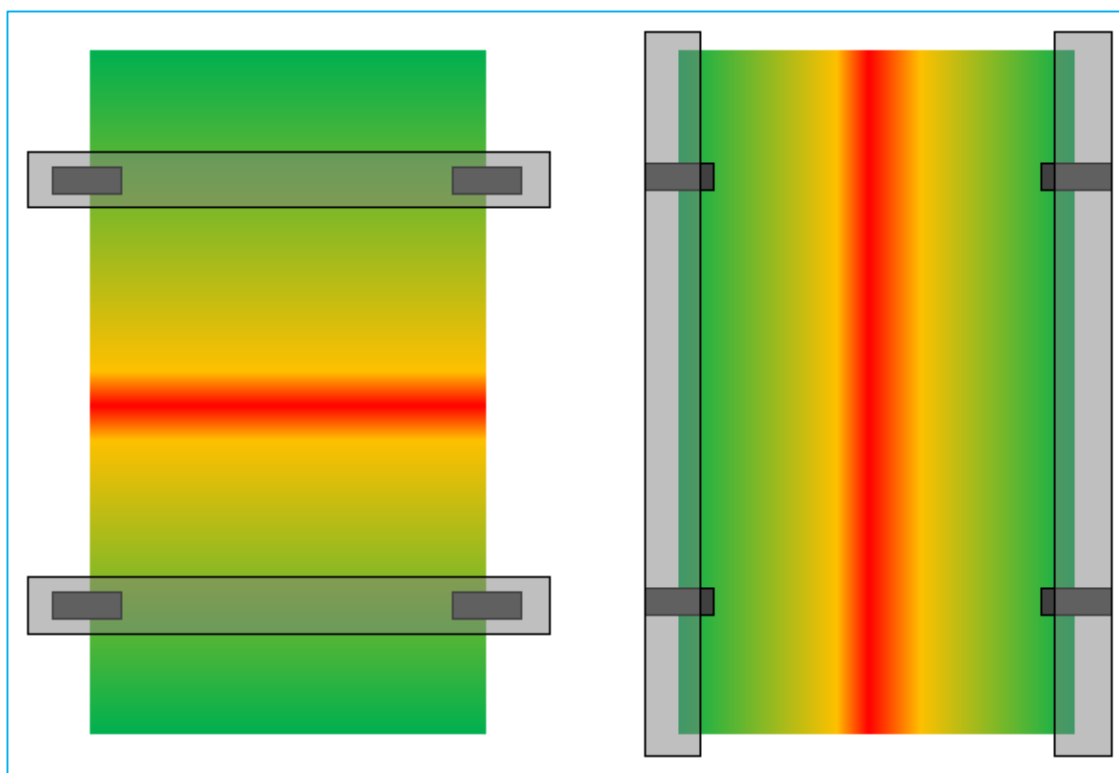
- Antes de instalar os módulos, obtenha informações sobre quaisquer requisitos e aprovações necessárias para o local, instalação e inspeção junto das autoridades competentes.

- Obter análise preliminar de avaliação dos tipos de telhados e estruturas de sustentação, quanto ao estudo de cargas para suportar a instalação de sistemas fotovoltaicos. E o material utilizado na instalação deve ser durável, resistente à corrosão e aos raios UV.
- Certifique-se de que o módulo atenda aos requisitos gerais do sistema técnico (tensão, potência, etc.)
- Certifique-se de que outros componentes do sistema não danifiquem o módulo mecanicamente ou eletricamente.
- Ligue apenas a quantidade de módulos que corresponda às especificações de tensão dos inversores utilizados no sistema.
- Número máximo de duas strings pode ser conectado em paralelo sem a necessidade de incorporar um dispositivo de proteção de sobrecorrente (fusíveis, etc.) em série dentro de cada string. Três ou mais strings podem ser conectadas em paralelo se um dispositivo de proteção de sobrecorrente certificado e apropriado for instalado em série dentro de cada string.
- Somente módulos com características elétricas similares devem ser conectados na mesma string para evitar efeitos de incompatibilidade em matrizes.
- A inclinação vai depender do projeto, mas elas devem acompanhar a latitude do local de instalação.
- Os módulos necessitam estar orientados para a face norte ou leste/oeste, conforme o projeto, desta forma aproveitando o máximo da incidência da luz do sol durante o dia.
- É fundamental ficar atento ao tipo de telha, porque determinará o sistema de fixação dos painéis fotovoltaicos.
- É necessário ficar atento a possíveis interferências no telhado, por exemplo, se houver chaminés ou caixas d'água, eles podem fazer sombra nos módulos, interferindo diretamente no funcionamento.
- Para dimensionar o fusível de proteção, consultar o valor nominal da corrente máxima do fusível no *datasheet* do módulo.
- Os módulos devem ser fixados com segurança para suportar todas as cargas esperadas, incluindo cargas de vento e neve. Uma distância mínima de 6,5 mm entre os módulos é necessária para permitir a expansão térmica dos frames. Além disso, em regiões com neve deve atentar-se para que a altura da borda inferior do frame não seja coberta pela neve durante nenhum período.
- Ao instalar os módulos, certifique-se de que a superfície seja resistente ao fogo. Os Módulos da BYD são eficazes contra exposições de teste de fogo leve (Classe C – UL790).
- Os módulos solares foram qualificados para Aplicação Classe A (equivalente à Classe de Requisitos de Segurança II). Módulos classificados nesta classe devem ser usados em sistemas operacionais de tensão acima de 50 V ou potência acima de 240 W.

- O módulo destina-se ao uso em climas abertos ao ar livre, conforme definido na IEC 60721-2-1: Classificação das condições ambientais Parte-2-1: Condições ambientais que aparecem na natureza - Temperatura e umidade.

6.2. INSTALAÇÃO MECÂNICA

Aconselhamos os usuários a usar métodos de instalação pelo frame longo, devido a sua maior resistência às forças exercidas nos módulos pelas intempéries da natureza (chuva, neve, vento). As **Figuras 11, 12 e 13** apresentam, respectivamente, uma análise de estresse do painel fotovoltaico e alguns exemplos de fixação pelo frame longo.



 - Representação dos pontos de fixação do frame na estrutura de instalação.

Figura 11 – Análise de estresse do método de instalação pelo Frame Longo.

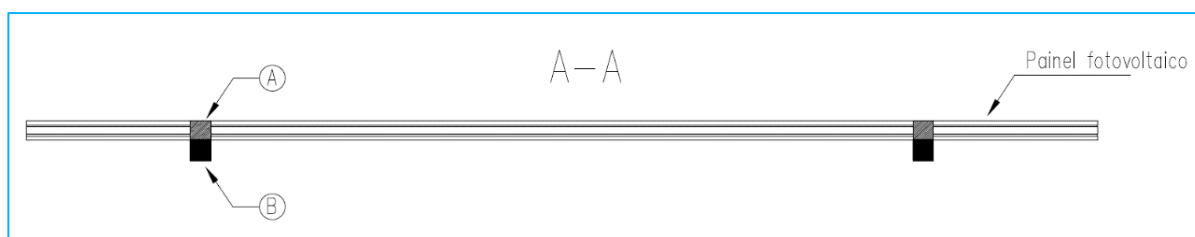


Figura 12 – Método de instalação pelo Frame Longo vista lateral.



Figura 13 – Exemplo de instalação pelo Frame Longo.

6.2.1. FIXAÇÃO COM PARAFUSOS

Nos módulos fotovoltaicos fabricados pela BYD Brasil, há 3 posições para fixação por meio de parafusos, representados na **Figura 14** por **CF** e **cf** e **cc**.

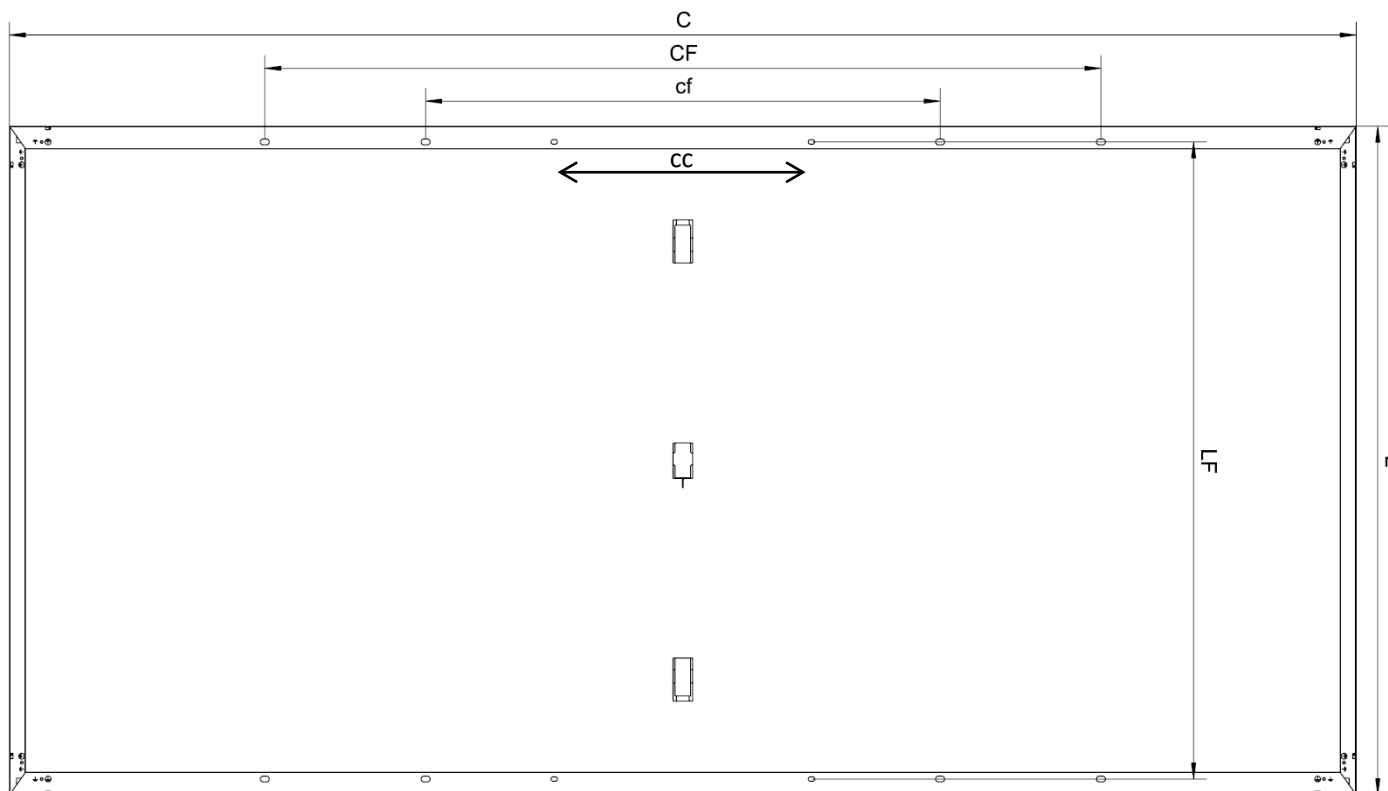


Figura 14 – Fixação por parafusos padrão.

A **Tabela 4** apresenta as principais dimensões do painel fotovoltaico para cada modelo fabricado pela BYD Brasil.

Modelo	C [mm]	L [mm]	CF [mm]	cf [mm]	cc [mm]	LF [mm]
BYD MGK	2094	1038	1300	800	400	989
BYD MGTK	2094	1038	1300	800	400	989
BYD MLK*	2256	1133	1400	990	400	1084
BYD MLK	2278	1134	1400	990	400	1084
BYD MLTK	2278	1134	1400	990	400	1084
BYD HARPIA	2278	1134	1400	990	400	1084

Tabela 4 – Dimensões de acordo com o modelo.

*Tecnologia com microgap (espaçamento menor entre células de uma string, o que diminui o comprimento total do módulo em 22 mm).

A **Figura 15** ilustra como é feita a fixação do frame na estrutura por meio de parafusos.

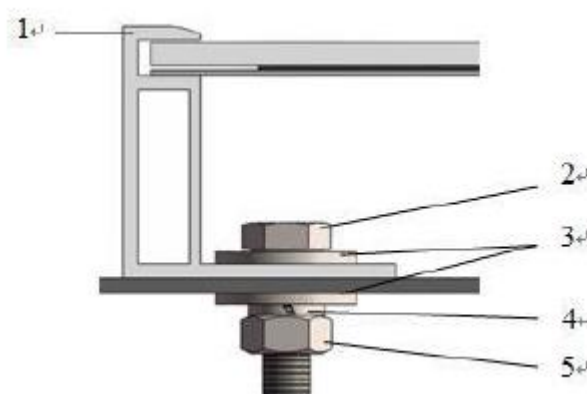


Figura 15: Desenho do esquema de fixação com parafusos pelos furos do frame.

- 1 – Frame de Alumínio
- 2 – Parafuso de aço inoxidável M8
- 3 – Arruela de aço inoxidável plana M8
- 4 – Arruela de mola inoxidável M8
- 5 – Porca sextavada de aço inoxidável M8

Os módulos fabricados pela BYD Brasil passam por testes em conformidade com a norma IEC 61215:2021 - MQT 16. A **Tabela 5** resume a carga estática máxima (C_{max}) que os módulos suportam quando fixados por parafuso como indicado na **Figura 15**.

Modelo	Fixação na furação CF		Fixação na furação cf		Fixação na furação cc	
	C_{max} para baixo	C_{max} para cima	C_{max} para baixo	C_{max} para cima	C_{max} para baixo	C_{max} para cima
BYD MGK/MGTK	5400 Pa	2400 Pa	5400 Pa	2400 Pa	1600 Pa	1600 Pa
BYD MLK*	5400 Pa	2400 Pa	5400 Pa	2400 Pa	1600 Pa	1600 Pa
BYD MLK/MLTK	5400 Pa	2400 Pa	5400 Pa	2400 Pa	1600 Pa	1600 Pa
BYD HARPIA	5400 Pa	2400 Pa	5400 Pa	2400 Pa	1600 Pa	1600 Pa

Tabela 5 – Relação de carga estática máxima suportada pelo módulo fotovoltaico com fixação por parafuso, onde C_{max} é a carga estática máxima em Pascal.

6.2.2. FIXAÇÃO COM GRAMPOS

É recomendado o uso de grampos padrão feito de alumínio e estes **não devem** cobrir as células após a fixação na estrutura. Se um módulo é instalado com grampos seguindo o **método de instalação pelo Frame Longo** do quadro, os mesmos podem ser instalados como demonstrado na **Figura 16**, na região entre as furações de fixação por parafuso do painel. A **Tabela 6** resume qual é a carga estática máxima suportada pelo módulo de acordo com a variação da distância de fixação do grampo até a borda do frame curto (indicado pela distância **a** na **Figura 16**).

Dimensão no desenho	Distância [mm]	C_{max} para baixo	C_{max} para cima
a	450 - 600	5400 Pa	2400 Pa
a	600-900	1600 Pa	1600 Pa

Tabela 6 – Relação de distância entre grampos e carga estática máxima suportada .

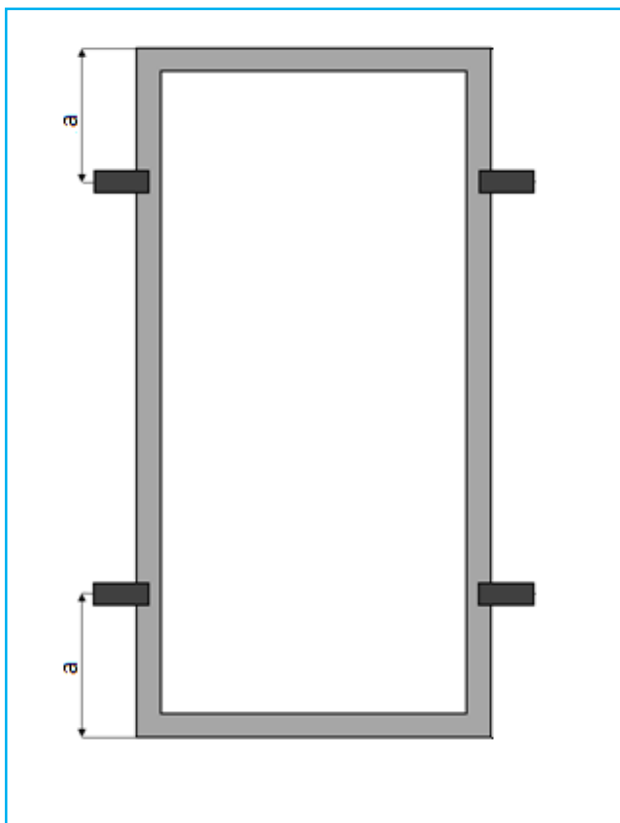


Figura 16 - Localização do grampo de fixação.

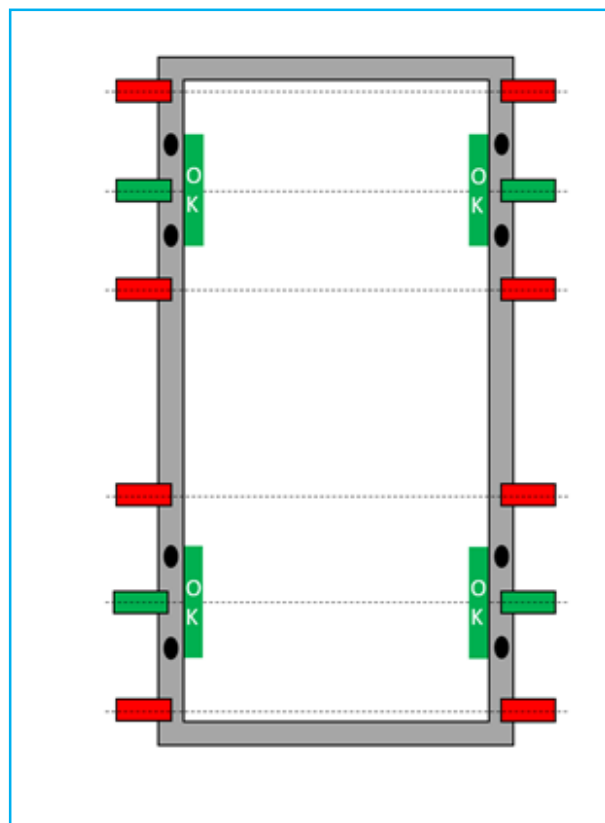



Figura 17 – Regiões de Ponto Ótimo (verde) e Crítico (vermelho).

A **Figura 17** ilustra a região mais indicada para a fixação, localizada entre os dois furos mais próximos à extremidade do módulo. Grampos fixados muito perto das bordas apresentam menor capacidade de resistência à carga aplicada.



ATENÇÃO!

- Não cobrir a parte frontal das células, devido ao sombreamento que diminuirá a eficiência do módulo.
- Não sobrepor os furos de aterramento do lado traseiro do módulo.

6.2.3. FIXAÇÃO EM TRACKER

As **Tabelas 7** e **8** resumem, respectivamente, as cargas estática e dinâmica máximas suportadas pelo módulo quando instalados em modo tracker com fixação com grampo ou parafuso na posição **cc** da **Figura 14**.

Modelo	Fixação na furação cc	
	C _{max} para baixo	C _{max} para cima
BYD MGK/MGTK	1600 Pa	1600 Pa
BYD MLK*	1600 Pa	1600 Pa
BYD MLK/MLTK	1600 Pa	1600 Pa
BYD HARPIA	1600 Pa	1600 Pa

Tabela 7 – Relação de carga estática máxima suportada pelo módulo fotovoltaico em modo tracker.

Modelo	Fixação na furação cc	
	C _{max} para baixo	C _{max} para cima
BYD MGK/MGTK	1000 Pa	1000 Pa
BYD MLK*	1000 Pa	1000 Pa
BYD MLK/MLTK	1000 Pa	1000 Pa
BYD HARPIA	1000 Pa	1000 Pa

Tabela 8 – Relação de carga dinâmica máxima suportada pelo módulo fotovoltaico em modo tracker.

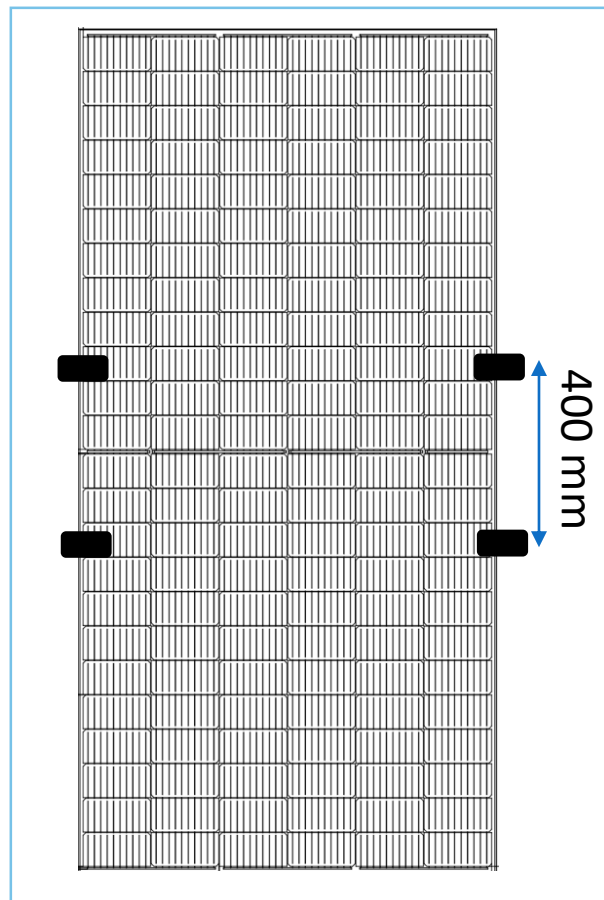


Figura 18 – Posição dos grampos coincidente aos furos na posição cc da Figura 14 .

6.3. INSTALAÇÃO ELÉTRICA

6.3.1. ATERRAMENTO

Recomenda-se o aterramento individual entre módulos, sendo necessário aterrar o arranjo à estrutura metálica. O ponto de aterramento do módulo é indicado na **Figura 19**. Sobrecorrentes em um arranjo fotovoltaico podem ser resultado de faltas à terra nos condutores. Para um correto projeto de aterramento, é importante levantar algumas informações, como:

- Análise da resistividade do solo;
- Cálculo dos limites permitidos de tensão de toque e passo;
- Estudo da corrente de curto-circuito máxima do sistema;
- Verificação da performance do sistema de aterramento e segurança;
- Projeto do aterramento e/ou SPDA;
- Verificação da NBR 5419-2 e NBR 5419-3;

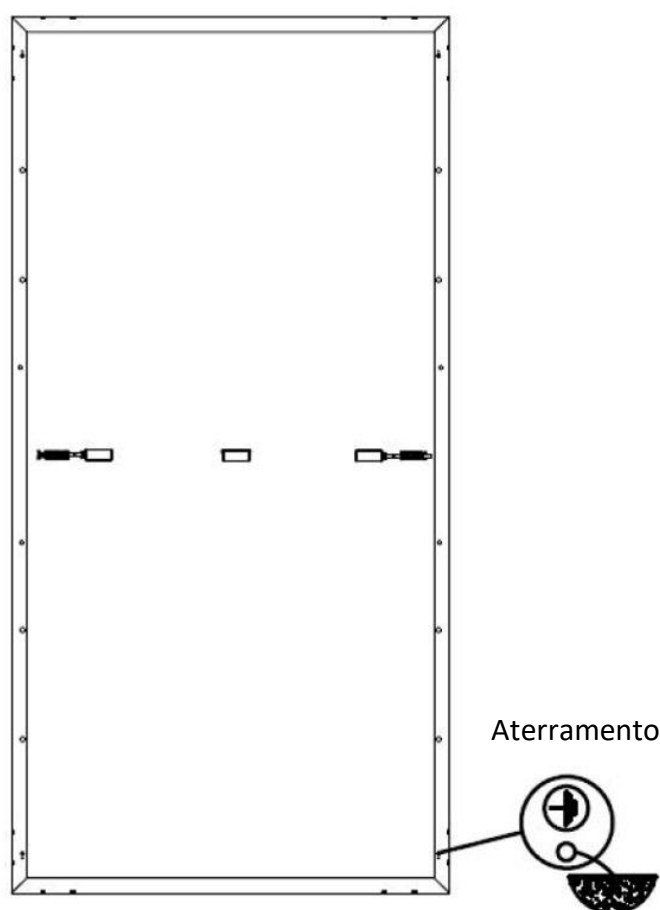


Figura 19 – Esquema de ligação à terra.

Além de seguir as normas e padrões de instalações/proteções elétricas e também as normas da concessionária do local onde será instalado.

6.4. CONEXÃO E CABEAMENTO

6.4.1. CONECTORES DOS MÓDULOS

Os módulos da BYD são compostos por 3 caixas de junção (**Figura 20**), onde há um conector macho (**Figura 21**) e outro fêmea (**Figura 22**).

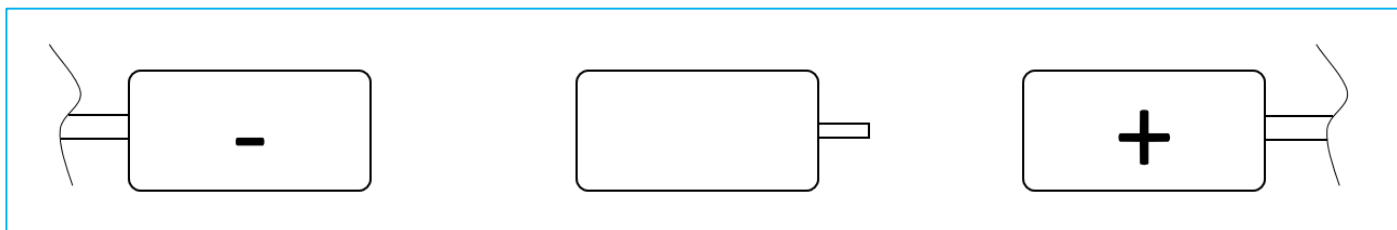


Figura 20 – Caixa de junção.

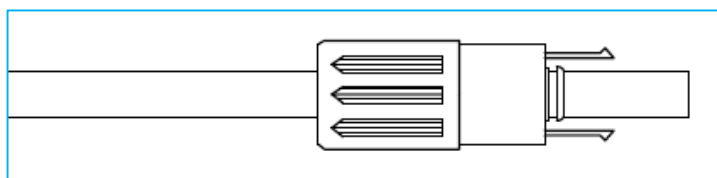


Figura 21 – Conector MC-04 (Macho).

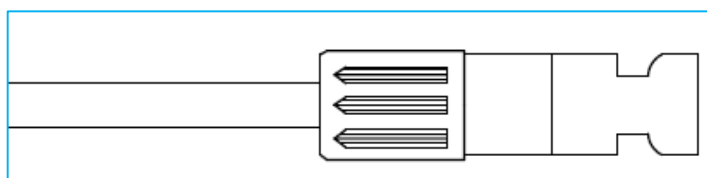


Figura 22 – Conector MC-04 (Fêmea).

Para mais informações elétricas do módulo, consultar o datasheet do dispositivo.

6.4.2. CABOS DOS CONECTORES

Os cabos não devem ser dobrados ou esmagados, e deverão ser encaixados de modo a evitar tensões no condutor ou nas ligações. Deve-se manter um raio de curvatura no cabo (mínimo $R \geq 4 \times$ diâmetro do cabo) tanto no terminal dos conectores quanto no da caixa de junção, como mostrado nas **Figuras 23** e **24**.

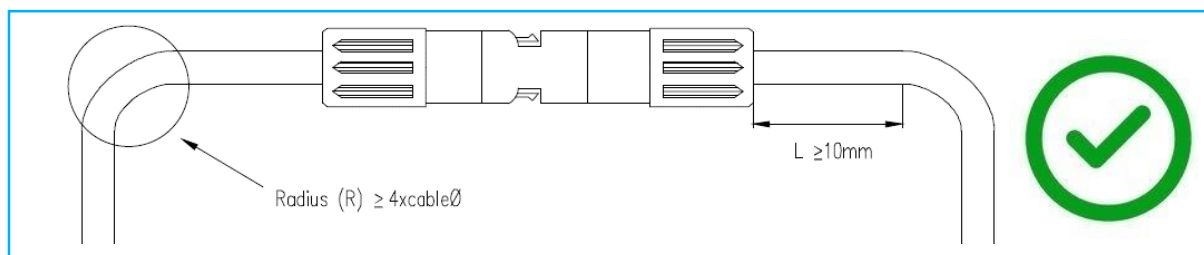


Figura 23 – Raio de curvatura correto.

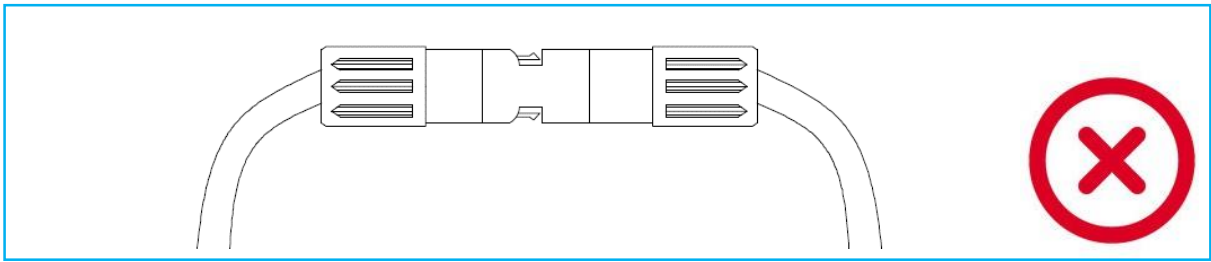


Figura 24 – Raio de curvatura incorreto.

6.4.3. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES (CABOS)

O dimensionamento dos condutores do arranjo fotovoltaico afeta diretamente na queda de tensão sob condições de carga. Todos os cabos de um sistema fotovoltaico devem estar dimensionados de forma a diminuir o risco de superaquecimento e incêndio. Esta queda de tensão pode ser particularmente significativa em arranjos com baixa tensão e alta corrente de saída.

Sob condições de carga máxima, recomenda-se a queda de tensão não seja superior a 3% da tensão do arranjo fotovoltaico em seu ponto de máxima potência (nas STC). Os condutores utilizados dentro do arranjo fotovoltaico devem ser adequados para aplicações em corrente contínua, ter tensão nominal igual ou superior à tensão máxima do arranjo, ser dimensionado para a temperatura de operação de acordo com a aplicação, dentre outros requisitos.

6.4.4. TIPOS DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Os módulos da BYD podem ser ligados em série para aumentar a tensão ou em paralelo para aumentar a corrente.

6.4.4.1. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM SÉRIE

Para realizar a ligação dos módulos em série, conecte os cabos do terminal positivo com o terminal negativo do módulo seguinte, conforme demonstrado na **Figura 25**. Essa ligação necessita o uso de cabos de retorno.

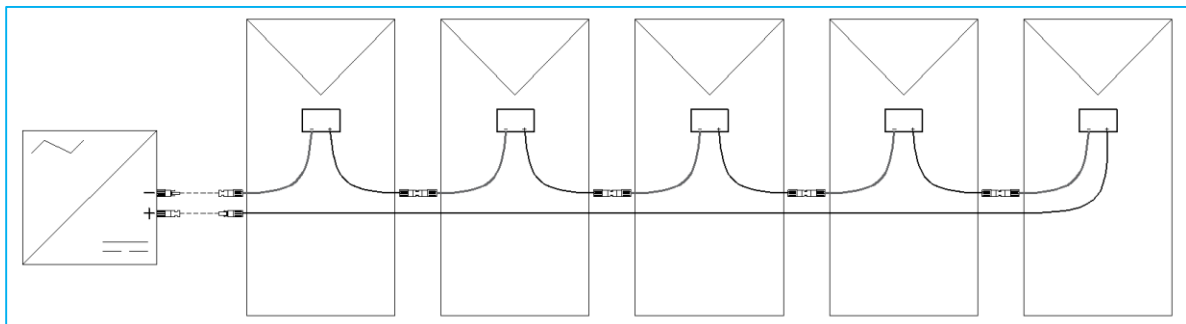


Figura 25 – Instalação dos módulos em série.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} + V_{mp2} + \dots + V_{mpn} \quad (I)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} = I_{mp2} = \dots = I_{mpn} \quad (II)^{**}$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de máxima potência (V_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 6.5.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de máxima potência (I_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da corrente.

6.4.4.2. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM PARALELO

Para estabelecer a ligação em paralelo, conecte os cabos do terminal positivo no terminal positivo do módulo seguinte. Conforme demonstrado na **Figura 26**.

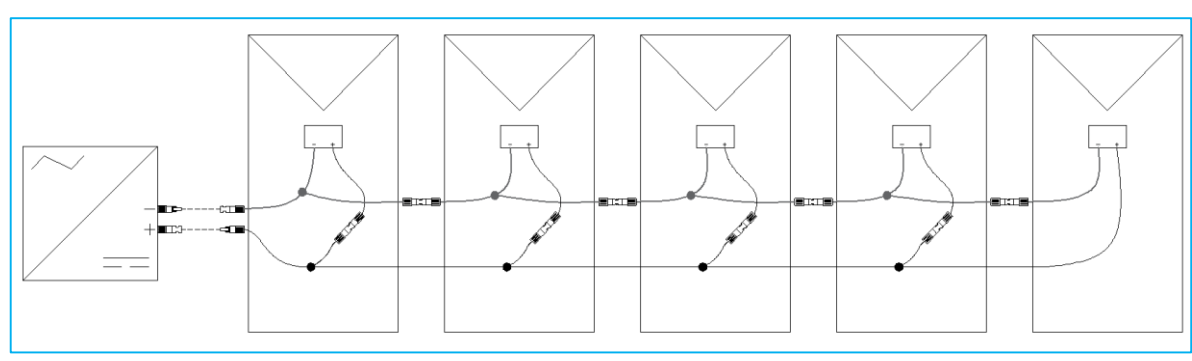


Figura 26 – Instalação dos módulos em paralelo.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} = V_{mp2} = \dots = V_{mpn} \quad (III)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} + I_{mp2} + \dots + I_{mpn} \quad (IV)^{**}$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de máxima potência (V_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 6.5.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de máxima potência (I_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da corrente.

6.4.4.3. INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS EM LEAP FROG

Uma outra maneira de realizar as conexões é conhecida como “*leap frog*”, ilustrado na **Figura 27**. As conexões de ida e volta são realizadas com os próprios cabos dos módulos fotovoltaicos, evitando o uso de cabos de retorno.

Em vez de ligar os módulos em sequência, que é o modo convencional, ligamos os módulos dando um salto, pulando sempre um módulo. No final da ligação voltamos ao mesmo ponto e as terminações do circuito série ficam próximas.

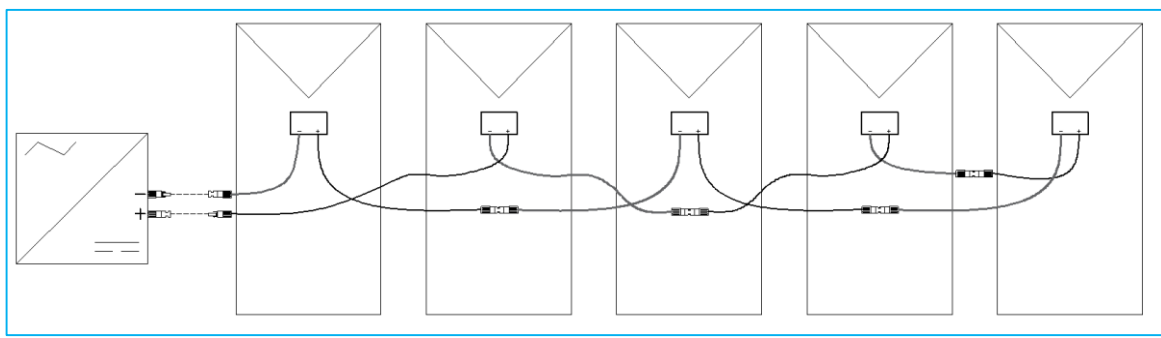


Figura 27 – Instalação dos módulos em Leap Frog.

Onde:

$$V_{nominal} = V_{mp1} + V_{mp2} + \dots + V_{mpn} \quad (I)^*$$

$$I_{nominal} = I_{mp1} = I_{mp2} = \dots = I_{mpn} \quad (II)^{**}$$



ATENÇÃO!

* - Cálculo levando em conta a tensão de máxima potência (V_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da tensão, e principalmente para a sobretensão, explicada na seção 6.5.1.

** - Cálculo levando em conta a corrente de máxima potência (I_{mp}) do datasheet. Atentar-se ao coeficiente térmico da corrente.

6.5. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

O número máximo de módulos conectados em série depende do projeto do sistema fotovoltaico, do tipo de inversor utilizado e também das condições ambientais.



O limite de temperatura superior para os conectores é de 90°C.

Não há limitação geral no número de módulos conectados em paralelo, mas o número de módulos é determinado por parâmetros de projeto do sistema, como corrente ou saída de energia. Em cada conjunto fotovoltaico conectado em paralelo, deve-se instalar um circuito de proteção.

Para evitar que os cabos e os conectores sobreaqueçam, a seção transversal dos cabos e a capacidade dos conectores devem ser selecionados de acordo com a corrente máxima de curto-circuito do sistema.

6.5.1. CÁLCULO DE SOBRETENSÃO NO INVERSOR

O cuidado com as proteções elétricas dentro de um sistema fotovoltaico é muito crítico, a falta de algumas margens de segurança pode causar danos e/ou queima, principalmente do inversor. Para evitar isso, os *datasheets* dos módulos vêm com algumas informações importantes para o dimensionamento do inversor.

Os coeficientes de temperatura são um parâmetro crucial no dimensionamento de arranjos fotovoltaicos, no caso abordado neste manual, será falado principalmente do coeficiente de tensão negativo. Por ele ser inversamente proporcional à temperatura, deve-se atentar aos dias frios, que desencadeiam um aumento na tensão do módulo, que, dependendo da temperatura e irradiância do local, pode fazer com que um inversor mal dimensionado venha a falhar.

Prosseguindo com um exemplo simples do dimensionamento de um inversor. Usando as informações do *datasheet*, obtém-se os coeficientes para uma temperatura de **25°C**, como exemplo, será usado o módulo **BYD545MLK-36**, que tem seu coeficiente térmico de tensão **-0,30%/°C**. Um módulo desse tem **V_{oc} = 50 V** em STC (*Standard Test Conditions*).

Dados disponíveis até o momento:

- Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto = -0,30%/°C
- V_{oc} = 50 V
- Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto traduzido para volts = -0,15V/°C
 - A cada +1°C o módulo perde 0,15 V
 - A cada -1°C o módulo ganha 0,15 V

Seguindo com o exemplo, agora com todos os valores necessários, pode-se ter uma noção do quanto isso pode afetar o equipamento. Em um dia que faz 20°C, o módulo pode estar com 0,75 V a mais. Agora, expandindo esse pensamento para 10 módulos em série, já se tem uma elevação de 7,5 V no sistema. Extrapolando para um sistema maior como uma usina, as tensões podem ser incrivelmente altas, e o inversor precisa ter uma faixa de sobretensão do sistema calculada, para evitar qualquer tipo de problema no equipamento, ou até mesmo, prevenir acidentes e incêndios.

7. MANUTENÇÃO E CUIDADOS

O módulo em si é considerado o principal ativo do sistema de geração de energia fotovoltaica. Para que o produto funcione de forma correta, é necessário que os raios solares sejam totalmente captados pelas células fotovoltaicas. Sendo assim, a superfície do módulo deverá ser mantida isenta de qualquer tipo de mancha, corpos estranhos ou sujeira que possam causar sombras nas células, caso contrário, o módulo não irá operar em sua potência máxima projetada.

7.1. LIMPEZA DOS MÓDULOS

A limpeza do módulo fotovoltaico é parte fundamental no processo de manutenção, sendo assim, deve ser realizada de forma muito cuidadosa, levando em consideração alguns fatores importantes como os intervalos do processo de limpeza e também os produtos e equipamentos utilizados para correta remoção da sujeira da superfície, garantindo assim, o desempenho do produto conforme projetado.



Não é permitido a utilização de produtos que contêm álcool ou aditivos em sua composição, pois tendem a deixar manchas na superfície do produto, estas por sua vez comprometem a captação da luz solar pelas células e consequentemente a potência gerada pelo módulo.

O momento correto do dia para realização deste processo é no início da manhã ou final da tarde, quando os módulos apresentam uma menor temperatura em sua superfície. Evitando possíveis danos causados ao vidro devido ao choque térmico, ou seja, o contato da água fria com a alta temperatura presente na superfície do módulo.





Cuidado ao utilizar equipamentos de limpeza que exerçam contato direto e pressões excessivas nas superfícies do produto, pois podem ocasionar danos ao módulo. Estes danos vão desde riscos nos vidros causado pelo efeito de abrasividade, até o comprometimento dos componentes do módulo, incluindo trincas e microfissuras nas células fotovoltaicas.

Para realização da limpeza do módulo, utilize água limpa com uma diferença de temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ em relação a temperatura do módulo, uma escova macia de lã ou fibra sintética não abrasiva para eliminação das manchas e sujeiras.



Em caso de utilização de equipamentos de pressão, regule a pressão da água entre 500 a 700 Pa a fim de evitar danos à superfície de vidro e danos aos elementos de vedação.

Para realização do processo de limpeza, deve-se seguir as recomendações abaixo:

- O processo de limpeza dos módulos deverá ser realizado a cada ano. Lembrando que, este intervalo poderá ser reduzido dependendo do ambiente em que os produtos estejam instalados, ou seja, em um ambiente onde haja grande incidência de poeira, detritos, folhas e outros objetos, o intervalo deverá ser reduzido para evitar a perda de eficiência do sistema.
- Antes de realizar a limpeza, certifique que não há riscos ou fissuras na superfície do módulo. Caso haja alguma fissura ou risco, informe o instalador ou o provedor de serviços de manutenção;
- Não use relógio, joias ou acessórios que possam causar riscos ou fissuras no módulo durante a limpeza;
- Não utilize ferramentas rígidas para realização da limpeza do módulo. O processo de raspagem na superfície do módulo, causam riscos nos vidros e comprometem a transmissão da luz para as células;
- Não utilize produtos que contém álcool, hidróxido de sódio, benzeno, diluente nitro, ácido, produtos alcalinos, aditivos ou qualquer outro produto químico em sua composição. Estes produtos tendem a deixar manchas na superfície do produto, que comprometem a captação da luz solar pelas células fotovoltaicas e conseqüentemente a potência gerada pelo módulo.



Atenção: Qualquer atenuação de energia causada pelo uso de produtos e/ou procedimentos incorretos no processo de manutenção e limpeza dos módulos, ocasionarão em garantia improcedente pelo fabricante.



SAC: 0800 351 4255

sac.solar@byd.com